

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-361290

(43)Date of publication of application : 24.12.2004

(51)Int.Cl.

G01T 1/29

G01B 15/00

G01T 1/20

G21C 17/00

(21)Application number : 2003-161204

(71)Applicant : NATL INST OF RADIOLOGICAL  
SCIENCES

(22)Date of filing : 05.06.2003

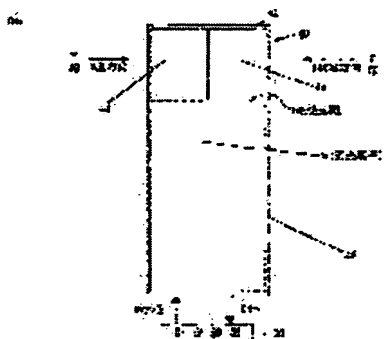
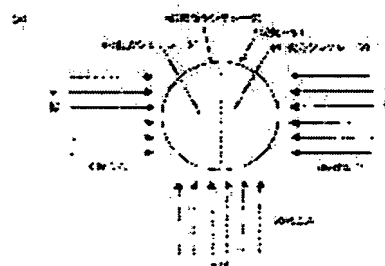
(72)Inventor : SHIRAKAWA YOSHIYUKI

(54) GAMMA-RAY DIRECTIVITY DETECTOR, AND METHOD AND DEVICE FOR  
MONITORING RADIATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce a weight of a detector, to enhance detection efficiency for a gamma ray, to improve a directional characteristic including that on the rear side to make detection information refined, and to facilitate setting to enhance operability.

SOLUTION: This detector/method is provided with a photoreception element 50, wherein a plurality of kinds of scintillators 44, 46 different in luminescent intensities to the gamma ray is joined to form a joined scintillator 42, having a light receiving face 52 coupled optically with the respective scintillators 44, 46 constituting the joined scintillator 42. In the detector/method, the ratio of direct incidence to indirect incidence of the gamma ray is made different according to an incident direction  $\theta$  in a circumferential direction, in the scintillators 44, 46.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.04.2005

[Date of sending the examiner's decision of  
rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

It is a gamma ray directivity detector for detecting the direction of incidence of a gamma ray, The junction scintillator which joined the scintillator which is two or more kinds from which the luminescence reinforcement to a gamma ray differs, and was formed, It has the photo detector which has the light-receiving side optically joined to each scintillator which constitutes this junction scintillator, The gamma ray directivity detector characterized by trying for the rate of the direct incidence of a gamma ray and indirect incidence to change with directions of incidence in a hoop direction in each scintillator.

[Claim 2]

The gamma ray directivity detector according to claim 1 characterized by each scintillator being a high density scintillator.

[Claim 3]

The gamma ray directivity detector according to claim 1 or 2 characterized by for said junction scintillator joining the scintillator of the shape of two kinds of rods, being formed in the shape of a column, combining the base with a light-receiving side optically, and detecting the direction of incidence of 0 times to 180 degrees.

[Claim 4]

The gamma ray directivity detector according to claim 1 or 2 characterized by for said junction scintillator joining the scintillator of the shape of three or more kinds of rods, being formed in the shape of a column, combining the base with a light-receiving side optically, and detecting the direction of incidence covering the perimeter of 0 times to 360 degrees.

[Claim 5]

The radiation monitoring approach characterized by using a gamma ray directivity detector according to claim 1 to 4.

[Claim 6]

The radiation monitoring apparatus characterized by having a gamma ray directivity detector according to claim 1 to 4.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention is the field which uses the radioactive substance and a radiation like atomic industry, radiation medicine, a radiation industrial instrumentation, and nondestructive inspection. The gamma ray directivity detector for detecting the direction of incidence of the gamma ray which carries out incidence from a hoop direction, and to use for the monitoring post which starts the radiation monitoring approach and equipment and detects the leakage of the radiation to an environment around nuclear paraphernalia, such as a nuclear power plant, especially [ suitable ] It is related with the radiation monitoring approach and equipment using the gamma ray directivity detector which has large directivity, and this detector.

[0002]

[Description of the Prior Art]

When getting to know the radioactive substance's existence location (direction), it is desirable for not only the reinforcement and the nuclear species of a radiation but the direction theta of incidence to be detectable in the gamma ray detector 10 which is used as a surveymeter or a monitoring post and in which a gamma ray carries out incidence from a hoop direction, so that it may illustrate to drawing 1 .

[0003]

In order to make a gamma ray detector produce directivity or the directivity of the specific direction, as conventionally shown in drawing 2 , the detecting element 12 of the conventional detector 10 was equipped with the heavy large collimator 20 made from lead, and the method of obtaining sensibility only from the one direction which passed this lead collimator 20 to a gamma ray was taken. However, by this approach, the collimator 20 made from lead became a heavy lift, the detector became large, and there was a problem that portability was spoiled.

[0004]

It starts and the magnitude of the electric pulse produced when the plate-like thin plastic scintillators 32, such as 5 etc.mm, are joined ahead, the CsI (TI) scintillator 34 is joined to the back and a gamma ray carries out incidence as it is the purpose which solves such a problem, for example, it is indicated by the patent reference 1, and shown in drawing 3 , and the radiation detector 30 which produces directivity are also developed from the relation of shape properties, such as falling. In drawing 3 , 36 is an optoelectric transducer and 38 is a polarization case.

[0005]

[Patent reference 1]

JP,5-66275,A

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

However, a consistency is small, for example, the probability for said plastic scintillator 32 to react when the gamma ray of 662keV(s) of Cs137 carries out incidence from the front is at most about 5% in the count result of having used the open code EGS4 of the Monte Carlo simulation method, and 95%, the (1) plastic scintillator 32 causes no reaction, but goes into the back CsI (TI) scintillator 34, and will be in the condition of being theoretically incalculable. That is, the problem that the detection

efficiency of a gamma ray is small occurs. Moreover, the sensibility of a response changes greatly with whenever [ (2) incident-angle ]. That is, although sensibility is high in the direction of the front which meets plastic scintillator 32, since sensibility will fall suddenly if it becomes a longitudinal direction 20 degrees or more, the monitoring post which needs large directivity is not turned to. furthermore, in the case of (3) directivity setup, special actuation of recognizing a complicated element called the magnitude and the configuration of an electric pulse is required -- etc. -- there was a trouble. Moreover, the problem that there was no sensibility was also behind (4) detectors.

[0007]

This invention was made so that it may solve said conventional trouble, and it makes it a technical problem to aim at improvement in the operability by improvement in the detection efficiency of lightweight-izing of a detector, and a gamma ray, elaboration of the detection information by improvement of directive property also including back, and simplification of a setup.

[0008]

[Means for Solving the Problem]

In a gamma ray directivity detector for this invention to detect the direction of incidence of a gamma ray The junction scintillator which joined the scintillator which is two or more kinds from which the luminescence reinforcement to a gamma ray differs, and was formed, It has the photo detector which has the light-receiving side optically joined to each scintillator which constitutes this junction scintillator, and in each scintillator, as the rate of the direct incidence of a gamma ray and indirect incidence changes with directions of incidence in a hoop direction, it solves said technical problem.

[0009]

Moreover, let each scintillator be a high density scintillator.

[0010]

Moreover, the scintillator of the shape of two kinds of rods is joined, said junction scintillator is formed in the shape of a column, the base is optically combined with a light-receiving side, and the direction of incidence of 0 times to 180 degrees is made detectable.

[0011]

Or the scintillator of the shape of three or more kinds of rods is joined, said junction scintillator is formed in the shape of a column, the base is optically combined with a light-receiving side, and the direction of incidence covering the perimeter of 0 times to 360 degrees is made detectable.

[0012]

This invention offers the radiation monitoring approach characterized by using the aforementioned gamma ray directivity detector again.

[0013]

Moreover, the radiation monitoring apparatus characterized by having the aforementioned gamma ray directivity detector is offered.

[0014]

[Embodiment of the Invention]

With reference to a drawing, the operation gestalt of this invention is explained to a detail below.

[0015]

The detecting element 40 of the gamma ray directivity detector concerning the 1st operation gestalt of this invention As shown in drawing 4 (A) (top view) and drawing 4 (B), and (the sectional view seen from the transverse plane) For example, the junction scintillator 42 which joined semicircle column-like the front scintillator 44 and the back scintillator 46 which have been arranged forward and backward, and from which luminescence reinforcement differs by two kinds of high density, and was formed in the shape of a cylinder, It has the photo detector 50 which has the light-receiving side 52 optically combined with this junction scintillator 42 and each scintillators 44 and 46 which were arranged in the direction of a right angle, and which constitute this junction scintillator 42.

[0016]

The high voltage supply equipment 62 which supplies power to this detecting element 40 as shown in said detecting element 40 in a detail at drawing 5 , The pre amplifier 64 which inputs the output signal of said detecting element 40, and operates orthopedically and outputs a signal pulse, The linear amplifier 66 which inputs the output signal of this pre amplifier 64, and amplifies and outputs a signal pulse, With the multi-channel analyzer 68 who inputs the output signal of this linear

amplifier 66, and generates a spectrum the peak count software 72 which carries out counting of the photo-peak from said spectrum -- and The computer 70 by which the ratio count software 74 which outputs the direction theta of incidence with reference to the table which asks for the ratio R of the enumerated data of the photo-peak resulting from each scintillator 44 and 46, and is built in in advance was installed (CPU), The measuring circuit 60 which consists of a direction drop 80 of incidence which displays the direction theta of incidence calculated by this CPU70 is connected.

[0017]

Since desired directivity is given, the alarm set station 82 for setting the range  $R_r$  of the direction of incidence which generates an alarm further beforehand with said ratio R as this measuring circuit 60, and the alarm 84 which generates an alarm when said ratio R goes into this range  $R_r$  can be added.

[0018]

Hereafter, an operation of the 1st operation gestalt is explained.

[0019]

The scintillators 44 and 46 from which two kinds of luminescence reinforcement differs are connected mutually, and one junction scintillator 42 is formed, and this junction scintillator 42 is optically combined with the light-receiving side 52 of a photo detector 50, and the detecting element 40 consists of these operation gestalten. As said semicircle column-like scintillators 44 and 46 of two high density for example, as a front scintillator 44 arranged in the direction of the zero front in the hoop direction of a detector A consistency by 3 3.67cm as a back scintillator 46 by which luminescence reinforcement is arranged in the direction of 180 back in the NaI (TI) scintillator of 100 Luminescence reinforcement by 3 4.51cm 49 CsI (TI) scintillators, [ a consistency ] Or luminescence reinforcement uses [ a consistency ] the BGO scintillator of 13 by 3 7.13cm. Join these front scintillator 44 and the back scintillator 46, form the junction scintillator 42 of the shape of one cylinder, and the base is optically combined with one photo detector 50 52, for example, the light-receiving side of the photomultiplier tube. The detector which has directivity effectively to the hoop direction of 0 times to 180 degrees especially can be constituted.

[0020]

Thus, if a high-density scintillator is adopted as the scintillators 44 and 46 of the front and back as compared with plastic scintillator, to the gamma ray from [ said ] incidence, detection efficiency will be high and the probability of the photoelectric effect will also become high.

[0021]

Now, the left of the junction scintillator 42 is made into 0 times for the location of the hoop direction of the junction scintillator 42 in the top view of drawing 4 (A), and this right is made into 180 degrees to \*\* at the circumference of an anti-clock. If a gamma ray carries out incidence from the zero front of a detecting element 40 as shown in drawing 6 (A), a certain thing causes the photoelectric effect by the front scintillator 44, and this luminescence will be changed into an electric pulse, and it will make photo-peak A to the high channel field of the spectrum generated with a multi-channel analyzer 68 so that it may illustrate to drawing 7 . A certain thing passes without reacting, causes the photoelectric effect by the back scintillator 46, and makes photo-peak B from the front scintillator 44 to the low channel field of a spectrum. Then, it asks for the ratio  $R (= B/A)$  which calculated the enumerated data of both peaks with the peak count software 72 already put in practical use, for example, \*\* (ed) the peak enumerated data B of the back scintillator 46 by the peak enumerated data A of the front scintillator 44. In this case, although a gamma ray carries out direct incidence to the front scintillator 44, since the front scintillator 44 serves as a shadow, namely, the back scintillator 46 becomes a shielding material and a gamma ray carries out incidence indirectly, the enumerated data (referred to as B0) of the back scintillator 46 become small, and said ratio R serves as the minimum value  $R_{min}$ .

[0022]

Next, in order that there may be nothing that serves as a shadow to the back scintillator 46, i.e., the thing which becomes a shielding material, and a gamma ray may carry out direct incidence if a gamma ray carries out incidence from 90 longitudinal directions as shown in drawing 6 (B), the enumerated data (referred to as B90) of photo-peak B become large, and said ratio R becomes large.

[0023]

Furthermore, when a gamma ray carries out incidence from 180 back, a phenomenon contrary to the

case from the front shown in drawing 6 (A) arises, the enumerated data (referred to as B180) of photo-peak B by which counting is carried out by the back scintillator 46 are large, the enumerated data (referred to as A180) of photo-peak A by which counting is carried out by the front scintillator 44 become small, and said ratio R serves as Maximum Rmax.

[0024]

In the direction of middle of 0 times to 90 degrees, said ratio R serves as a middle value of each ratio so that it may illustrate to drawing 8 . Also when a gamma ray carries out [ of 90 to 180 degrees ] incidence from middle similarly, said ratio R serves as a middle value of each ratio.

[0025]

Thus, the rate of direct incidence and indirect incidence changes from a direction to a direction 180 degrees 0 times, and as the ratio R of the enumerated data A and B of the photo-peak resulting from both the scintillators 44 and 46 illustrated to drawing 8 in connection with it, it increases in monotone. Therefore, the direction theta of incidence of a gamma ray can be conversely known by calculating this ratio R.

[0026]

Furthermore, when setting up the range Rr of the ratio R which generates an alarm with an alarm set station 82, and the directivity of arbitration can be given for 180 degrees from 0 times and a gamma ray carries out incidence from the direction, it is possible to generate an alarm from an alarm 84.

[0027]

this operation gestalt -- setting -- the front scintillator 44 and the back scintillator 46 -- both -- a semicircle -- it supposes that it is pillar-shaped, and since it is made circular [ the cross-section configuration of the junction scintillator 42 ], the incidence effectiveness over the photo detector 50 of circular cross sections, such as the photomultiplier tube, is high. Although it is desirable and the shape of a cylindrical shape is the optimal example at the point for peak computation that the configuration from which the transparency distance of a gamma ray changes gently-sloping is easy, the configurations of the junction scintillator 42 may be the square pole, a multiple column, and an elliptic cylinder, as long as a ratio R increases [ monotone-] or decreases [ monotone-], as it does not limit in the shape of a cylindrical shape and is shown in drawing 8 .

[0028]

In the 1st operation gestalt, although only the direction of incidence of 0 times to 180 degrees was detectable next, the 2nd operation gestalt which made detectable the direction of incidence of the direction of the perimeter ranging from 0 times to 360 degrees is explained to a detail.

[0029]

As shown in drawing 9 (A) (top view) and drawing 9 (B), and (the sectional view seen from the transverse plane), this operation gestalt joins the scintillators 92, 94, and 96 which have three kinds of circular cross sections for the junction scintillator 42, forms them in the shape of a cylinder, and combines the base with the light-receiving side 52 of a photo detector 50 optically.

[0030]

As said scintillators 92, 94, and 96, NaI (TI), CsI (TI), and BGO can be used, for example.

[0031]

According to this operation gestalt, directivity can be given in the direction of the perimeter ranging from 0 times to 360 degrees by using the ratio of the enumerated data of the peak of three scintillators 92, 94, and 96.

[0032]

[Example]

In the 1st operation gestalt shown in drawing 4 , the NaI (TI) scintillator of a semicircle column with a thickness of 50mm was made into the front scintillator 44 for the diameter of 75mm, the CsI (TI) scintillator of this dimension was made into the back scintillator 46, both were joined optically, the cylinder-like junction scintillator 42 was formed, the base was optically joined to the light-receiving side 52 of the photo detector 50 using the photomultiplier tube, and the detecting element 40 was constituted. The quality of the material of the case 48 of a detecting element 40 is the aluminum which covers the light which serves as disturbance to scintillators, such as the light and ultraviolet rays, or stainless steel.

[0033]

The about [ 800V ] high voltage was supplied to the detecting element 40 from high voltage supply equipment 62.

[0034]

Here, it was used for proofreading of a common surveymeter etc., and Cs137 which is the typical gamma line source used with industrial-instrumentation equipment, nondestructive inspection equipment, etc. was prepared. Activity reinforcement was set to feeble 3.7MBq(s).

[0035]

From the scintillator plane-of-composition core, installed in the location of 100cm, it was made to rotate from the zero front to 180 back in the hoop direction to a cylinder shaft, and counting of said line source was carried out for 300 seconds per each direction. This condition is in the location which the usual line source of on-the-strength 37GBq left 10m in practice, and the case where counting is carried out for 3 seconds, and the number of gamma rays which carries out incidence at a detector 40 become the same.

[0036]

Actuation is explained about the case where a gamma ray carries out incidence from the zero front. Many of gamma rays which fly to coincidence react by the front NaI (Tl) scintillator 44, and the light pulse of fixed reinforcement generates it according to the photoelectric effect in the reaction. This light pulse is changed and outputted to the electric pulse proportional to reinforcement with the photomultiplier tube 50. This output is shaped in waveform by pre amplifier 64, and proportionality magnification is carried out with the linear amplifier 66. Analog-to-digital conversion of the output from this linear amplifier 66 is carried out with a multi-channel analyzer 68, and it makes the photo-peak A0 of a NaI (Tl) reason to the high channel field in the spectrum shown in drawing 7 . On the other hand, the thing with a gamma ray penetrates the front scintillator 44, causes the above-mentioned photoelectric effect in the back CsI (Tl) scintillator 46, and makes the photo-peak B0 of a CsI(Tl) scintillator reason to the low channel field in a spectrum. Since the difference of luminescence reinforcement is in both the scintillators 44 and 46, the corresponding photo-peaks A0 and B0 have been produced in the fully distant location. Therefore, with the general-purpose peak count software 72 built in CPU70, the photo-peak of both scintillator reason can be recognized and the enumerated data of these photo-peaks can be calculated. And the ratio R which <sup>\*\*</sup>(ed) the peak enumerated data B of the back scintillator 46 by the peak enumerated data A of the front scintillator 44 is calculated with the ratio count software 74 built in this CPU70.

[0037]

Next, the case where a gamma ray carries out incidence from 90 longitudinal directions is considered. In this case, in order that a direct gamma ray may carry out incidence also to the back scintillator 46, a big peak arises like the photo-peak B90 of a CsI(Tl) scintillator reason, and enumerated data turn into a large value.

[0038]

Next, the case where a gamma ray carries out incidence from 180 back is considered. In order that a direct gamma ray may carry out incidence to the back scintillator 46 also in this case, a big peak arises like the photo-peak B180 of a CsI(Tl) scintillator reason, and it becomes big enumerated data. On the contrary, in order that a gamma ray may carry out incidence to the front scintillator 44 indirectly, the photo-peak A180 of a NaI(Tl) scintillator reason becomes small. That is, a ratio R serves as max.

[0039]

A ratio R is called for in the procedure same also in the case of the direction of middle. Drawing 8 showed these ratios R. It turns out that a ratio R carries out the increment in monotone from 0 times to 180 degrees at stability. Then, the next table 1 is memorized to the ratio count software 74 interior, the nearest value or the value which carried out interpolation interpolation for example, using straight-line approximation is outputted to it, and it displays on it with the direction drop 80 of incidence.

[0040]

[Table 1]



$\gamma$ 線入射方向 (度)	比率 R
0	0. 527
10	0. 563
20	0. 610
30	0. 654
40	0. 690
50	0. 739
60	0. 776
70	0. 861
80	0. 988
90	1. 238
100	1. 433
110	1. 683
120	2. 022
130	2. 368
140	2. 685
150	3. 129
160	3. 442
170	3. 842
180	4. 048

[0041]

Moreover, when setting up the range  $R_r$  of a ratio  $R$  with the alarm set station 82 and a ratio  $R$  goes into the range  $R_r$ , an alarm is generated with an alarm 84.

[0042]

Thus, while acquiring the direction of incidence numerically, it has the function to generate an alarm.

[0043]

Since the NaI (Tl) scintillator and the CsI (Tl) scintillator are used in this example, the width of face of a peak is comparatively wide, and distinction of two or more nuclear species is also easy width of face. In addition, it is also possible for the combination of the scintillator in the 1st operation gestalt not to be limited to the combination of NaI (Tl) and CsI (Tl), but to replace either or both by for example, the BGO scintillator or other scintillators. In the 2nd operation gestalt, the combination of a scintillator is not limited to the combination of NaI (Tl), CsI (Tl), and BGO.

[0044]

It is also possible the class of photo detector and for it not to be limited to the photomultiplier tube but to use other optoelectric transducers. Moreover, although the configuration joined directly is structurally easy for the optical junction to each scintillator and the light-receiving side of a photo detector, it is also possible to carry out indirect junction through an optical fiber etc. Ratios  $R$  may be inverse number  $1/R$ .

[0045]

As shown in drawing 10 (A) (top view) and drawing 10 (B), and a (front view), the detector 100 of this invention can be attached on the fixed means 102, such as a tripod and the pole, and can be used

as a gamma ray monitoring post 104 of extensive directivity prepared in the perimeter of nuclear paraphernalia 110. [ many ] Moreover, it can also be too used as a gamma ray surveymeter of extensive directivity.

[0046]

[Effect of the Invention]

According to this invention, in the range of 180 degrees or 0 times to 360 degrees, the direction of incidence can be acquired for a direct numeric value, and the detector which is moreover stable in the increment in monotone also as for the sensibility by the direction can be obtained from 0 times. Moreover, by setting up a ratio, the directivity of arbitration can be given and a surveymeter with an alarm can be realized. Furthermore, since the collimator made from lead is unnecessary, -izing can be carried out [ lightweight ] and it excels in portability. Moreover, the location of a line source can also be pinpointed by getting to know the direction of incidence over two or more detectors. Therefore, in an emergency, it can become effective detection equipment from a viewpoint of radiation control, protection, and monitoring at the time of usual.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The top view showing the example of a line source and the physical relationship of a detector

[Drawing 2] The sectional view showing the configuration of an example of the conventional directivity detector

[Drawing 3] The sectional view showing the radiation detector indicated by the patent reference 1

[Drawing 4] The top view and sectional view showing the configuration of the 1st operation gestalt of this invention

[Drawing 5] The block diagram showing the configuration of the measuring device of the 1st operation gestalt

[Drawing 6] The top view for explaining the measurement principle of this invention

[Drawing 7] Similarly it is a spectrum Fig.

[Drawing 8] The diagram showing the example of the relation between the direction of incidence, and a ratio similarly

[Drawing 9] The top view and sectional view showing the configuration of the 2nd operation gestalt of this invention

[Drawing 10] The top view and front view showing the configuration of the application of this invention

[Description of Notations]

40 -- Detecting element

42 -- Junction scintillator

44 -- Front scintillator

46 -- Back scintillator

50 -- Photomultiplier tube

52 -- Light-receiving side

60 -- Measuring circuit

90 -- Junction scintillator

92, 94, 96 -- Scintillator

100 -- Detector

102 -- Fixed means

104 -- Monitoring post

110 -- Nuclear paraphernalia

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The top view showing the example of a line source and the physical relationship of a detector

[Drawing 2] The sectional view showing the configuration of an example of the conventional directivity detector

[Drawing 3] The sectional view showing the radiation detector indicated by the patent reference 1

[Drawing 4] The top view and sectional view showing the configuration of the 1st operation gestalt of this invention

[Drawing 5] The block diagram showing the configuration of the measuring device of the 1st operation gestalt

[Drawing 6] The top view for explaining the measurement principle of this invention

[Drawing 7] Similarly it is a spectrum Fig.

[Drawing 8] The diagram showing the example of the relation between the direction of incidence, and a ratio similarly

[Drawing 9] The top view and sectional view showing the configuration of the 2nd operation gestalt of this invention

[Drawing 10] The top view and front view showing the configuration of the application of this invention

[Description of Notations]

40 -- Detecting element

42 -- Junction scintillator

44 -- Front scintillator

46 -- Back scintillator

50 -- Photomultiplier tube

52 -- Light-receiving side

60 -- Measuring circuit

90 -- Junction scintillator

92, 94, 96 -- Scintillator

100 -- Detector

102 -- Fixed means

104 -- Monitoring post

110 -- Nuclear paraphernalia

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

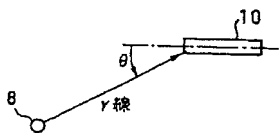
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

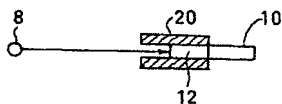
DRAWINGS

---

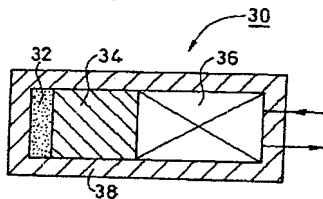
[Drawing 1]



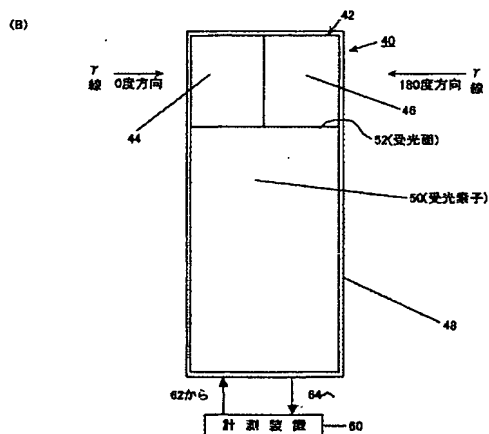
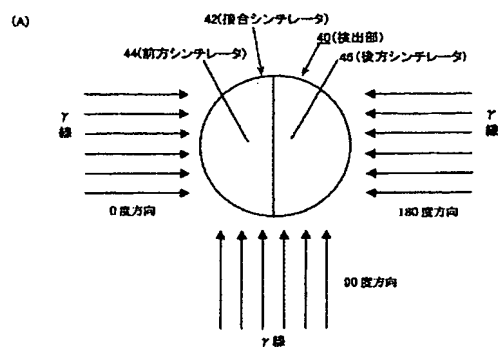
[Drawing 2]



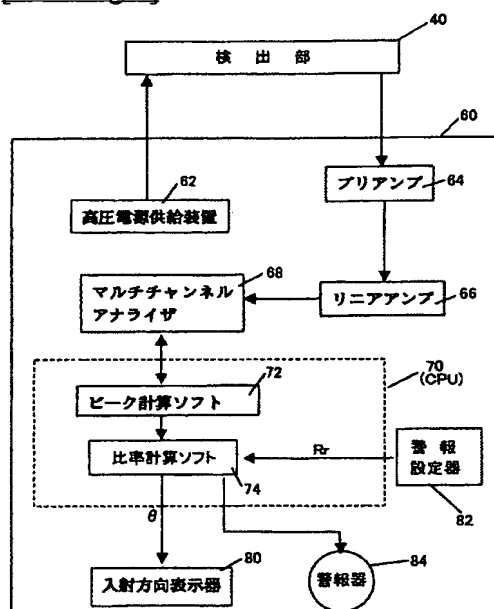
[Drawing 3]



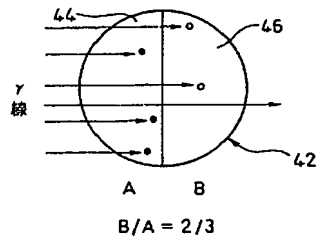
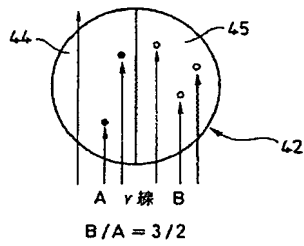
[Drawing 4]



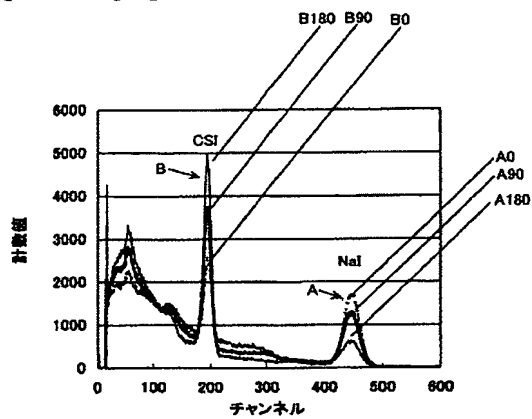
[Drawing 5]



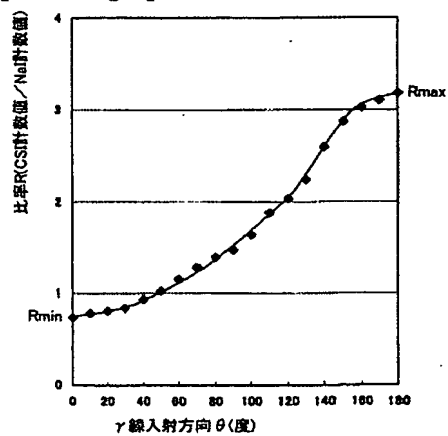
[Drawing 6]

(A) 入射方向  $\theta = 0$ (B) 入射方向  $\theta = 90$ 

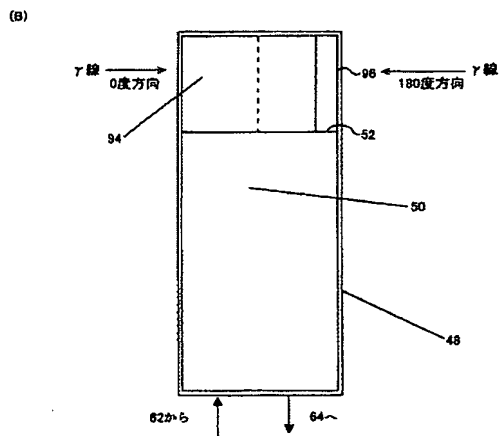
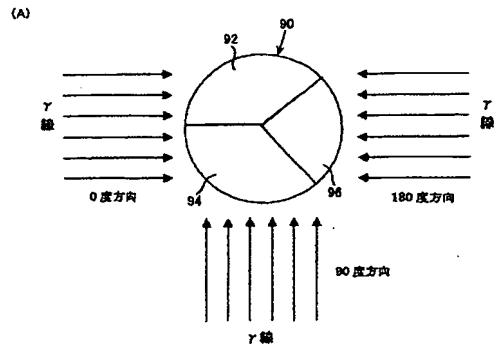
[Drawing 7]



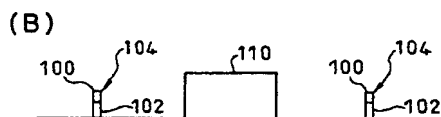
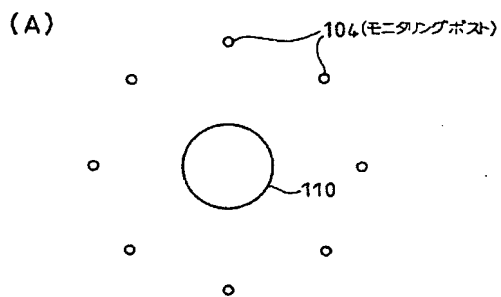
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-361290

(P2004-361290A)

(43) 公開日 平成16年12月24日(2004. 12. 24)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 1

テーマコード (参考)

G 0 1 T 1/29

G 0 1 T 1/29

C

2 F 0 6 7

G 0 1 B 15/00

G 0 1 B 15/00

A

2 G 0 7 5

G 0 1 T 1/20

G 0 1 T 1/20

B

2 G 0 8 8

G 2 1 C 17/00

G 0 1 T 1/20

G

G 2 1 C 17/00

D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願2003-161204 (P2003-161204)

(22) 出願日

平成15年6月5日(2003. 6. 5)

(71) 出願人 301032942

独立行政法人放射線医学総合研究所

千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号

(74) 代理人 100080458

弁理士 高矢 諭

(74) 代理人 100076129

弁理士 松山 圭佑

(74) 代理人 100089015

弁理士 牧野 剛博

(72) 発明者 白川 芳幸

千葉県千葉市稲毛区穴川4丁目9番1号

独立行政法人 放射線医学総合研究所内

Fターム(参考) 2F067 AA31 JJ04 LL01 LL02 LL14

RR02 RR12 RR24 RR32 SS04

2G075 DA08 FA18 FC14 GA02

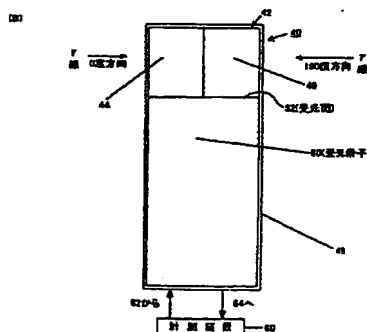
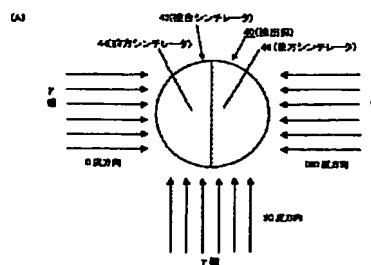
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガンマ線方向性検出器及び放射線モニタリング方法、装置

(57) 【要約】

【課題】 検出器の軽量化、ガンマ線の検出効率の向上、後方も含めた方向特性の改善による検出情報の精緻化、設定の簡易化による操作性の向上を図る。

【解決手段】 ガンマ線に対する発光強度が異なる複数種類のシンチレータ44、46を接合して接合シンチレータ42を形成し、該接合シンチレータ42を構成する各シンチレータ44、46と光学的に結合された受光面52を有する受光素子50を備え、各シンチレータ44、46においてガンマ線の直接入射と間接入射の割合が、周方向における入射方向 $\theta$ により異なるようにする。





## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ガンマ線の入射方向を検出するためのガンマ線方向性検出器であって、

ガンマ線に対する発光強度が異なる複数種類のシンチレータを接合して形成された接合シンチレータと、該接合シンチレータを構成する各シンチレータと光学的に接合された受光面を有する受光素子とを備え、各シンチレータにおいてガンマ線の直接入射と間接入射の割合が周方向における入射方向により異なるようにされていることを特徴とするガンマ線方向性検出器。

## 【請求項2】

各シンチレータが高密度シンチレータであることを特徴とする請求項1に記載のガンマ線方向性検出器。

## 【請求項3】

前記接合シンチレータが2種類の棒状のシンチレータを接合して柱状に形成され、その底面が受光面と光学的に結合されて、0度から180度の入射方向を検出するようにしたことを特徴とする請求項1又は2に記載のガンマ線方向性検出器。

## 【請求項4】

前記接合シンチレータが3種類以上の棒状のシンチレータを接合して柱状に形成され、その底面が受光面と光学的に結合されて、0度から360度の全周に亘る入射方向を検出するようにしたことを特徴とする請求項1又は2に記載のガンマ線方向性検出器。

## 【請求項5】

請求項1乃至4のいずれかに記載のガンマ線方向性検出器を用いることを特徴とする放射線モニタリング方法。

## 【請求項6】

請求項1乃至4のいずれかに記載のガンマ線方向性検出器を備えたことを特徴とする放射線モニタリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、原子力産業、放射線医療、放射線工業計測、非破壊検査などのように、放射性物質や放射線を使用する分野で、周方向から入射するガンマ線の入射方向を検出するためのガンマ線方向性検出器、及び、放射線モニタリング方法、装置に係り、特に、原子力発電所等の原子力設備の周囲で環境への放射線の漏れを検知するモニタリングポストに用いるのに好適な、広い指向性を有するガンマ線方向性検出器、及び、該検出器を用いた放射線モニタリング方法、装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

図1に例示する如く、サーベイメータやモニタリングポストとして用いる、周方向からガンマ線が入射するガンマ線検出器10においては、放射線の強度や核種だけでなく、入射方向 $\theta$ を検出できることが、放射性物質8の

存在位置（方向）を知る上で望ましい。

## 【0003】

ガンマ線検出器に方向性あるいは特定方向の指向性を生じさせるため、従来は、例えば図2に示す如く、大きく重い鉛製のコリメータ20を、従来の検出器10の検出部12に装着し、該鉛コリメータ20を通過した一方からのガンマ線のみに感度を得る方法が採られていた。しかしながら、この方法では、鉛製のコリメータ20が重量物となり、検出器が大きくなって、可搬性が損なわれるという問題があった。

## 【0004】

このような問題を解決する目的で、例えば特許文献1に記載されているように、図3に示す如く、前方に5mm等の平板状の薄いプラスチックシンチレータ32、その後方にCsI(Tl)シンチレータ34を接合し、ガンマ線が入射したときに生じる電気パルスの大きさや、立上り、立下り等の形状特性の関係から、指向性を生じさせる放射線検出器30も開発されている。図3において、36は光電変換素子、38は偏光ケースである。

## 【0005】

## 【特許文献1】

特開平5-66275号公報

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、(1)プラスチックシンチレータ32は密度が小さく、例えばCsI37の662keVのガンマ線が前方から入射した場合、前記プラスチックシンチレータ32が反応する確率は、例えばモンテカルロシミュレーション法の公開コードEGS4を用いた計算結果では、高々5%程度であり、95%は何の反応も起さず後方のCsI(Tl)シンチレータ34に入り、原理的に計算できない状態となる。即ち、ガンマ線の検出効率が小さいという問題が発生する。又、(2)入射角度によって応答の感度が大きく異なる。即ち、プラスチックシンチレータ32と対面する前方方向には感度が高いが、20度以上、横方向になると急に感度が低下するため、広い指向性が必要なモニタリングポスト等には向かない。更に、(3)指向性設定の際には、電気パルスの大きさや形状という複雑な要素を認識する別途操作が必要である等の問題点があった。又、(4)検出器の後方には全く感度が無いという問題もあった。

## 【0007】

本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、検出器の軽量化、ガンマ線の検出効率の向上、後方も含めた方向特性の改善による検出情報の精緻化、設定の簡易化による操作性の向上を図ることを課題とする。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

50 本発明は、ガンマ線の入射方向を検出するためのガンマ

線方向性検出器において、ガンマ線に対する発光強度が異なる複数種類のシンチレータを接合して形成された接合シンチレータと、該接合シンチレータを構成する各シンチレータと光学的に接合された受光面を有する受光素子とを備え、各シンチレータにおいてガンマ線の直接入射と間接入射の割合が周方向における入射方向により異なるようにして、前記課題を解決したものである。

【0009】

又、各シンチレータを高密度シンチレータとしたものである。

【0010】

又、前記接合シンチレータを2種類の棒状のシンチレータを接合して柱状に形成し、その底面を受光面と光学的に結合して、0度から180度の入射方向を検出可能としたものである。

【0011】

あるいは、前記接合シンチレータを3種類以上の棒状のシンチレータを接合して柱状に形成し、その底面を受光面と光学的に結合して、0度から360度の全周に亘る入射方向を検出可能としたものである。

【0012】

本発明は、又、前記のガンマ線方向性検出器を用いることを特徴とする放射線モニタリング方法を提供するものである。

【0013】

又、前記のガンマ線方向性検出器を備えたことを特徴とする放射線モニタリング装置を提供するものである。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0015】

本発明の第1実施形態にかかるガンマ線方向性検出器の検出部40は、図4(A)(平面図)及び図4(B)

(正面から見た断面図)に示す如く、例えば前後に配置された、2種類の高密度で発光強度が異なる半円柱状の前方シンチレータ44と後方シンチレータ46を接合して円柱状に形成された接合シンチレータ42と、該接合シンチレータ42と直角方向に配設された、該接合シンチレータ42を構成する各シンチレータ44、46と光学的に結合された受光面52を有する受光素子50を備えている。

【0016】

前記検出部40には、図5に詳細に示す如く、該検出部40に電力を供給する高電圧供給装置62と、前記検出部40の出力信号を入力し、信号パルスを整形して出力するブリアンプ64と、該ブリアンプ64の出力信号を入力し、信号パルスを増幅して出力するリニアアンプ66と、該リニアアンプ66の出力信号を入力し、スペクトルを生成するマルチチャンネルアナライザ68と、前

記スペクトルから光電ピークを計数するピーク計算ソフト72、及び、それぞれのシンチレータ44、46に起因する光電ピークの計数値の比率Rを求め、事前に内蔵している表を参照して入射方向θを出力する比率計算ソフト74がインストールされたコンピュータ(CPU)70と、該CPU70により計算された入射方向θを表示する入射方向表示器80とからなる測定回路60が接続されている。

【0017】

10 所望の指向性を持たせるため、該測定回路60に、更に、予め警報を発生する入射方向の範囲R<sub>r</sub>を前記比率Rにより設定するための警報設定器82と、前記比率Rが該範囲R<sub>r</sub>に入ったときに警報を発生する警報器84とを加えることができる。

【0018】

以下、第1実施形態の作用を説明する。

【0019】

本実施形態では、2種類の発光強度が異なるシンチレータ44、46を互いに接続して1本の接合シンチレータ42を形成し、且つ、この接合シンチレータ42を受光素子50の受光面52と光学的に結合して検出部40を構成している。前記2本の高密度の半円柱状のシンチレータ44、46としては、例えば、検出器の周方向において前方0度方向に配設される前方シンチレータ44として、密度が3.67cm<sup>3</sup>で発光強度が100のNaI(Tl)シンチレータを、後方180度方向に配設される後方シンチレータ46として、密度が4.51cm<sup>3</sup>で発光強度が49のCsI(Tl)シンチレータ、又は、密度が7.13cm<sup>3</sup>で発光強度が13のBGOシンチレータを用い、これら前方シンチレータ44と後方シンチレータ46を接合して1本の円柱状の接合シンチレータ42を形成し、その底面を1本の受光素子50、例えば光電子増倍管の受光面52と光学的に結合して、特に0度から180度の周方向に対して有効に指向性を有する検出器を構成することができる。

【0020】

40 このように、前方及び後方のシンチレータ44、46に、プラスチックシンチレータと比較して高密度なシンチレータを採用すれば、前記入射方向からのガンマ線に対して検出効率が高く、光電効果の確率も高くなる。

【0021】

今、図4(A)の平面図における接合シンチレータ42の周方向の位置を、接合シンチレータ42の左方向を0度とし、反時計周りに廻って同右方向を180度とする。図6(A)に示す如く、検出部40の前方0度からガンマ線が入射すると、あるものは前方シンチレータ44で光電効果を引き起こし、この発光は電気パルスに変換され、図7に例示する如く、マルチチャンネルアナライザ68で生成されるスペクトルの高チャンネル領域に光電ピークAを作る。あるものは前方シンチレータ44では

反応せずに通過し、後方シンチレータ46で光電効果を起し、スペクトルの低チャンネル領域に光電ピークBを作る。そこで、既に実用化されているピーク計算ソフト72で両ピークの計数値を求め、例えば後方シンチレータ46のピーク計数値Bを前方シンチレータ44のピーク計数値Aで除した比率 $R (= B/A)$ を求める。この場合、前方シンチレータ44にはガンマ線が直接入射するが、後方シンチレータ46は前方シンチレータ44が影となり、即ち遮蔽材になり、ガンマ線が間接的に入射するので、後方シンチレータ46の計数値(B0とする)は小さくなり、前記比率Rも最小値 $R_{min}$ となる。

#### 【0022】

次に、図6(B)に示す如く、横方向90度からガンマ線が入射すると、後方シンチレータ46に対して影となるもの、即ち遮蔽材になるものは無く、ガンマ線が直接入射するため、光電ピークBの計数値(B90とする)は大きくなり、前記比率Rは大きくなる。

#### 【0023】

更に後方180度方向からガンマ線が入射する場合は、図6(A)に示した前方からの場合と逆の現象が生じ、後方シンチレータ46で計数される光電ピークBの計数値(B180とする)が大きく、前方シンチレータ44で計数される光電ピークAの計数値(A180とする)は小さくなって、前記比率Rは最大値 $R_{max}$ となる。

#### 【0024】

0度から90度の中間方向では、図8に例示する如く、前記比率Rはそれぞれの比率の中間の値となる。同様に90度から180度の中間方向からガンマ線が入射する場合にも、前記比率Rはそれぞれの比率の中間の値となる。

#### 【0025】

このように0度方向から180度方向に対して直接入射と間接入射の割合が変わり、それに伴い、両シンチレータ44、46に起因する光電ピークの計数値A、Bの比率Rが、図8に例示した如く単調に増加する。従って、逆に、この比率Rを計算することによって、ガンマ線の入射方向 $\theta$ を知ることができる。

#### 【0026】

更に、警報設定器82で警報を発生する比率Rの範囲 $R_r$ を設定すれば、0度から180度に亘って任意の指向性を持たせることができ、その方向からガンマ線が入射した場合に、警報器84から警報を発生することが可能である。

#### 【0027】

本実施形態においては、前方シンチレータ44及び後方シンチレータ46を共に半円柱状とし、接合シンチレータ42の断面形状が円形となるようにしているので、光電子増倍管等の円形断面の受光素子50に対する入射効率が低い。接合シンチレータ42の形状は、ガンマ線の

透過距離がなだらかに変化する形状がピーク計算処理が容易である点では好ましく、円柱形状がその最適な例であるが、円柱形状に限定するものではなく、図8に示すように比率Rが単調増加又は単調減少するものであれば、四角柱や多角柱、楕円柱であってもよい。

#### 【0028】

第1実施形態においては、0度から180度の入射方向しか検出できなかったが、次に、0度から360度に亘る全周方向の入射方向を検知可能とした第2実施形態を詳細に説明する。

#### 【0029】

本実施形態は、図9(A)(平面図)及び図9(B)(正面から見た断面図)に示す如く、接合シンチレータ42を、3種類の円弧状断面を有するシンチレータ92、94、96を接合して円柱状に形成し、その底面を受光素子50の受光面52と光学的に結合したものである。

#### 【0030】

前記シンチレータ92、94、96としては、例えば、NaI(Tl)、CsI(Tl)、BGOを用いることができる。

#### 【0031】

本実施形態によれば、3つのシンチレータ92、94、96のピークの計数値の比率を用いることによって、0度から360度に亘る全周方向に指向性を持たせることができる。

#### 【0032】

##### 【実施例】

図4に示した第1実施形態において、直径75mmで厚さ50mmの半円柱のNaI(Tl)シンチレータを前方シンチレータ44とし、同寸法のCsI(Tl)シンチレータを後方シンチレータ46とし、両者を光学的に接合して円柱状の接合シンチレータ42を形成し、その底面を光電子増倍管を用いた受光素子50の受光面52と光学的に接合して検出部40を構成した。検出部40のケース48の材質は、可視光及び紫外線等のシンチレータに対して外乱となる光を遮蔽するアルミニウム、あるいはステンレス等である。

#### 【0033】

高電圧供給装置62から検出部40に800V程度の高電圧を供給した。

#### 【0034】

ここで、一般のサーベイメータ等の校正に使用したり、工業計測装置、非破壊検査装置等で使用される代表的なガンマ線源であるCs137を用意した。放射能強度は微弱な3.7MBqとした。

#### 【0035】

前記線源をシンチレータ接合面中心から100cmの位置に設置し、円柱軸に対する周方向において、前方0度から後方180度まで回転させ、各方向につき300秒

間計数した。この条件は、実際的には、通常の強度37 GBqの線源が10m離れた位置にあり、3秒間計数する場合と、検出器40に入射するガンマ線数は同じとなる。

#### 【0036】

前方0度からガンマ線が入射した場合について動作を説明する。同時に飛来するガンマ線の多くは前方のNaI(Tl)シンチレータ44で反応し、その反応の中で光電効果によって一定の強度の光パルスが発生する。該光パルスは、光電子増倍管50で強度に比例した電気パルスに変換され出力される。この出力はプリアンプ64で波形整形され、リニアアンプ66で比例増幅される。該リニアアンプ66からの出力は、マルチチャンネルアナライザ68でアナログ・デジタル変換され、図7に示したスペクトル中の高チャンネル領域にNaI(Tl)起因の光電ピークA0を作る。一方、ガンマ線のあるものは前方シンチレータ44を透過し、後方のCsI(Tl)シンチレータ46において、前述の光電効果を引き起こし、スペクトル中の低チャンネル領域にCsI(Tl)シンチレータ起因の光電ピークB0を作る。両シンチレータ44、46に発光強度の差があるため、対応する光電ピークA0、B0は十分に離れた位置に生じている。従って、CPU70に内蔵された汎用のピーク計算ソフト72によって、両シンチレータ起因の光電ピークを認識し、これらの光電ピークの計数値を求めることができる。そして、該CPU70に内蔵された比率計算ソフト74によって、後方シンチレータ46のピーク計数値B

を前方シンチレータ44のピーク計数値Aで除した比率Rを計算する。

#### 【0037】

次に横方向90度からガンマ線が入射した場合を考える。この場合は、後方シンチレータ46にも直接ガンマ線が入射するため、CsI(Tl)シンチレータ起因の光電ピークB90のように大きなピークが生じ、計数値が大きい値となる。

#### 【0038】

次に後方180度からガンマ線が入射した場合を考える。この場合も後方シンチレータ46に直接ガンマ線が入射するため、CsI(Tl)シンチレータ起因の光電ピークB180のように大きなピークが生じ、大きな計数値となる。逆に、前方シンチレータ44には間接的にガンマ線が入射するため、NaI(Tl)シンチレータ起因の光電ピークA180は小さくなる。即ち比率Rが最大となる。

#### 【0039】

中間方向の場合にも同様な手順で比率Rが求められる。これらの比率Rを示したのが図8である。比率Rは0度から180度まで安定に単調増加することが分かる。そこで比率計算ソフト74内部に、次の表1を記憶し、最も近い値、あるいは、例えば直線近似を用いて内挿補間した値を出力し、入射方向表示器80で表示する。

#### 【0040】

#### 【表1】

$\gamma$ 線入射方向(度)	比率R
0	0.527
10	0.563
20	0.610
30	0.654
40	0.690
50	0.739
60	0.776
70	0.861
80	0.988
90	1.238
100	1.433
110	1.683
120	2.022
130	2.368
140	2.685
150	3.129
160	3.442
170	3.842
180	4.048

## 【0041】

又、警報設定器82で比率Rの範囲 $R_r$ を設定すれば、その範囲 $R_r$ に比率Rが入った場合、警報器84で警報を発生する。

## 【0042】

このように、入射方向を数字で得ると共に、警報を発生する機能を有する。

## 【0043】

本実施例ではNaI(Tl)シンチレータとCsI(Tl)シンチレータを用いているので、ピークの幅が比較的広く、複数の核種の区別も容易である。なお、第1実施形態におけるシンチレータの組合せはNaI(Tl)とCsI(Tl)の組合せに限定されず、いずれか一方又は両者を例えばBGOシンチレータや他のシンチレータで置き換えることも可能である。第2実施形態においても、シンチレータの組合せはNaI(Tl)、CsI(Tl)、BGOの組合せに限定されない。

## 【0044】

受光素子の種類も光電子増倍管に限定されず、他の光電変換素子を用いることも可能である。又、各シンチレータと受光素子の受光面との光学的な接合は、直接接合する構成が構造的には容易であるが、光ファイバ等を紹介

て間接接合することも可能である。比率Rは、逆数 $1/R$ であっても良い。

## 【0045】

本発明の検出器100は、図10(A)(平面図)及び図10(B)(正面図)に示す如く、三脚やボール等の固定手段102の上に取り付け、原子力設備110の周囲に多数設ける広指向性のガンマ線モニタリングポスト104として使用することができる。又、やはり広指向性のガンマ線サーベイメータとして使用することもできる。

## 【0046】

## 【発明の効果】

本発明によれば、0度から180度あるいは0度から360度の範囲において、入射方向を直接数値で得ることができ、しかも方向による感度も単調増加で安定している検出器を得ることができる。又、比率を設定することにより任意の指向性を持たせることができ、警報付のサーベイメータを実現できる。更に、鉛製のコリメータが不要であるため、軽量化でき可搬性に優れている。又、複数の検出器に対する入射方向を知ることにより、線源の位置を特定することもできる。従って、放射線管理、防護、モニタリングの観点から、平常時、非常時におい

て有効な検出装置となり得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】線源と検出器の位置関係の例を示す平面図

【図2】従来の方向性検出器の一例の構成を示す断面図

【図3】特許文献1に記載された放射線検出器を示す断面図

【図4】本発明の第1実施形態の構成を示す平面図及び断面図

【図5】第1実施形態の測定装置の構成を示すブロック図

【図6】本発明の測定原理を説明するための平面図

【図7】同じくスペクトル図

【図8】同じく入射方向と比率の関係の例を示す線図

【図9】本発明の第2実施形態の構成を示す平面図及び断面図

【図10】本発明の応用例の構成を示す平面図及び正面

図

【符号の説明】

40…検出部

42…接合シンチレータ

44…前方シンチレータ

46…後方シンチレータ

50…光電子増倍管

52…受光面

60…測定回路

10 90…接合シンチレータ

92、94、96…シンチレータ

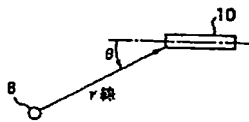
100…検出器

102…固定手段

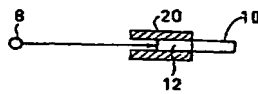
104…モニタリングポスト

110…原子力設備

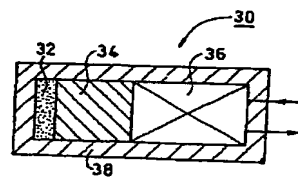
【図1】



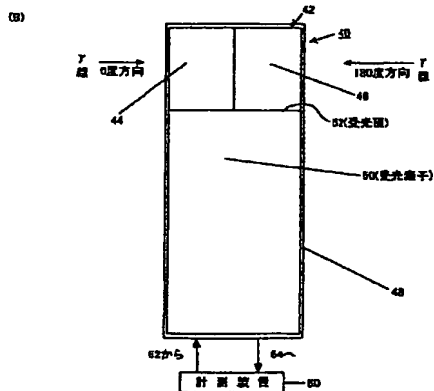
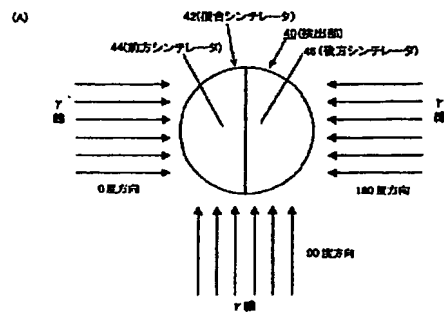
【図2】



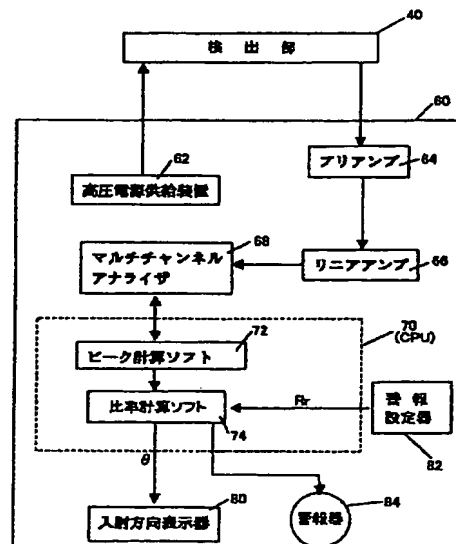
【図3】



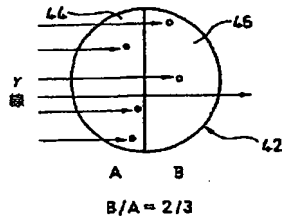
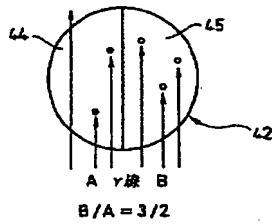
【図4】



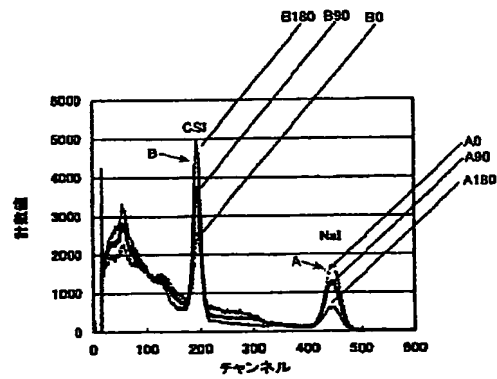
【図5】



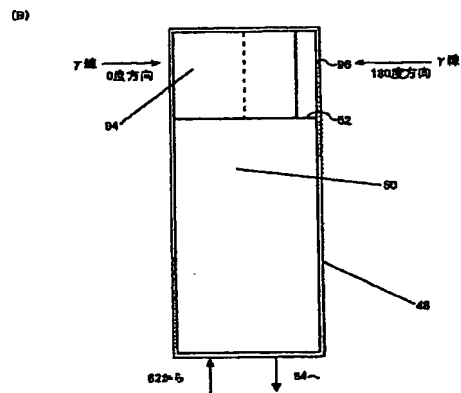
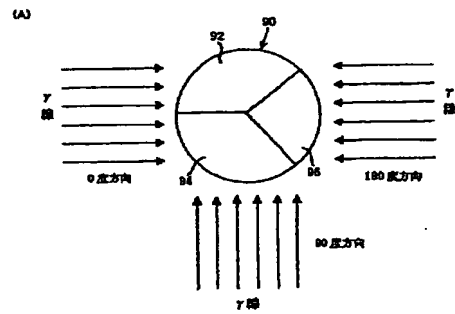
【図6】

(A) 入射方向  $\theta = 0$ (B) 入射方向  $\theta = 90$ 

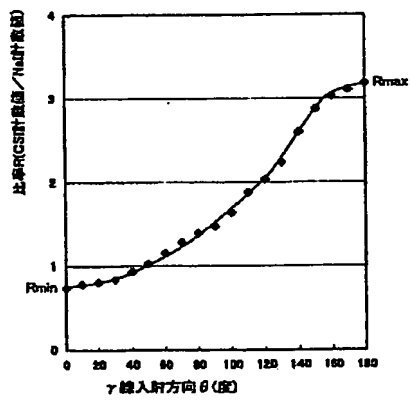
【図7】



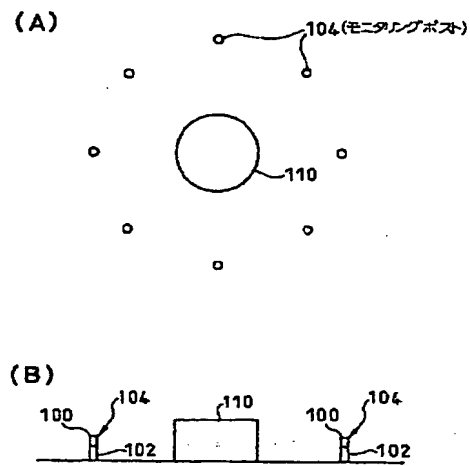
【図9】



【図8】



【図10】




---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2G088 EE08 EE17 EE21 FF04 FF14 FF15 FF17 FF18 GG17 JJ01  
 JJ09 KK01 KK09 KK21 KK35 LL13 LL15